

University of Groningen

Palynologisch onderzoek aan de pingo-ruïne FRCP2-10 (Hurdegaryp; gemeente Tytsjerksteradiel; provincie Friesland)

Talebi Seyyedsaran, T.; Raemaekers, D. C. M. ; Cappers, R. T. J.; Maurer, A.

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2019

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Talebi Seyyedsaran, T., Raemaekers, D. C. M., Cappers, R. T. J., & Maurer, A. (2019). *Palynologisch onderzoek aan de pingo-ruïne FRCP2-10 (Hurdegaryp; gemeente Tytsjerksteradiel; provincie Friesland)*. (51 redactie) (Grondsporen; Nr. 51). Groninger Instituut voor Archeologie, Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Grondsporen 51

Palynologisch onderzoek aan de pingo-ruïne FRCP2-10 (Hurdegaryp; gemeente Tytsjerksteradiel; provincie Friesland)

T. Talebi Seyyedsaran
D.C.M. Raemaekers
R.T.J. Cappers
A. Maurer

Foto's en tekeningen: Groninger Instituut voor Archeologie (GIA), tenzij anders aangegeven.
© Grondsporen @, 2019. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd of verspreid
zonder schriftelijke toestemming van de uitgevers.



Autorisatie: Prof.dr. D.C.M. Raemaekers

ISSN: 1875-4996
Groninger Instituut voor Archeologie
Poststraat 6, 9712 ER Groningen, Nederland
Telefoonnummer: (+31 50) 363 6712, E-mail: GIA@rug.nl

Inhoudsopgave

1. Inleiding	2
2. Onderzoeksgeschiedenis	5
3. Materiaal en methoden	7
4. Resultaten en discussie	8
5. Conclusies	15
6. Literatuur	16

1. Inleiding

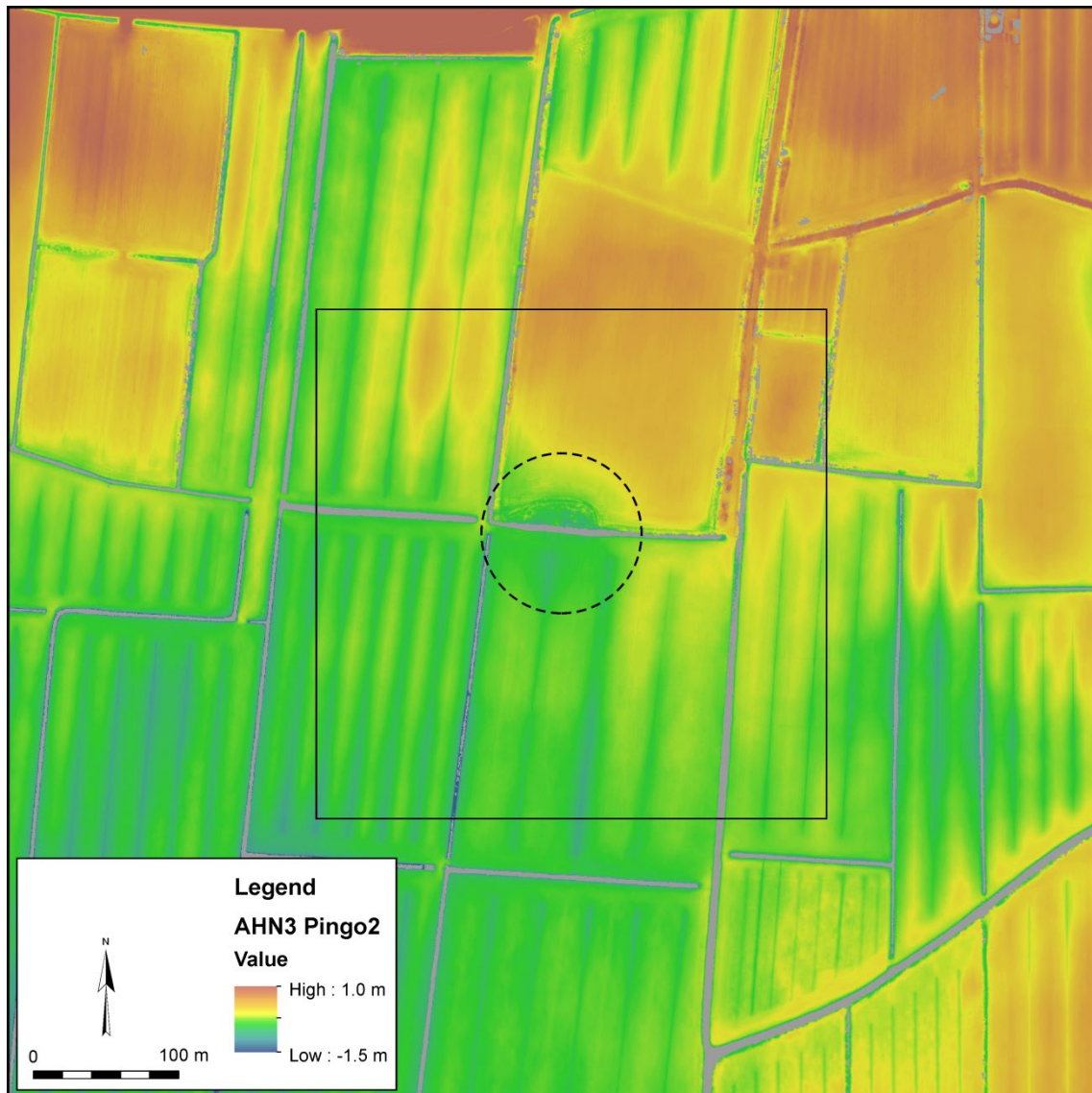
In opdracht van de provincie Fryslân heeft het Groninger Instituut voor Archeologie van de Rijksuniversiteit Groningen een palynologisch onderzoek uitgevoerd van een boorkern afkomstig uit de pingo-ruïne FRCP2-10 ten oosten van Hurdegaryp in de gemeente Tytsjerksteradiel (provincie Fryslân). In dit rapport worden de resultaten van dit onderzoek besproken.

In de laatste ijstijd was de bodem in Noord-Nederland bevroren en ontstonden er honderden ijslenzen in de ondergrond. Door het aangroeien van ijs konden deze ijslenzen tot heuvels (pingo's) ontwikkelen. Na de ijstijd ontstonden zo relatief kleine en diepe meertjes (pingo-ruïnes), soms met een ringwal van sediment dat van de ijsheuvels was afgeschoven. In de meertjes kwam vegetatie tot ontwikkeling en langzaam groeiden de meertjes dicht. Tijdens deze sedimentatie kwam ook steeds stuifmeel (pollen) van de omliggende vegetatie in sedimentlagen terecht. Daarmee vormen de pingo-ruïnes een botanisch archief waarin vegetatieontwikkeling en menselijk ingrijpen in de vegetatie zijn vastgelegd. Door middel van stuifmeelonderzoek (palynologie) kan dit archief ontsloten worden.

In dit rapport wordt ingegaan op de vegetatieontwikkeling en menselijk ingrijpen in de vegetatie rondom de pingo-ruïne. De aandacht gaat hierbij uit naar de periode waarin de eerste boeren ingrepen in de natuurlijke bosvegetatie en vervolgens de periode waarin dit landschap vernatte als gevolg van de relatieve zeespiegelstijging.

Locatie	Hurdegaryp, gemeente Tytsjerksteradiel, provincie Friesland
Coördinaten	193.779 / 581.084
Projectcode	FRCP2-10 (pingo 2)

Tabel 1. Administratieve gegevens



Figuur 1. De ligging van de pingo-ruïne in relatie tot de hoogteligging van het oppervlak (Actueel Hoogtebestand Nederland 3). De ligging van figuur 2 is aangegeven met een kader (tekening S. Tiebackx, RUG/GIA).

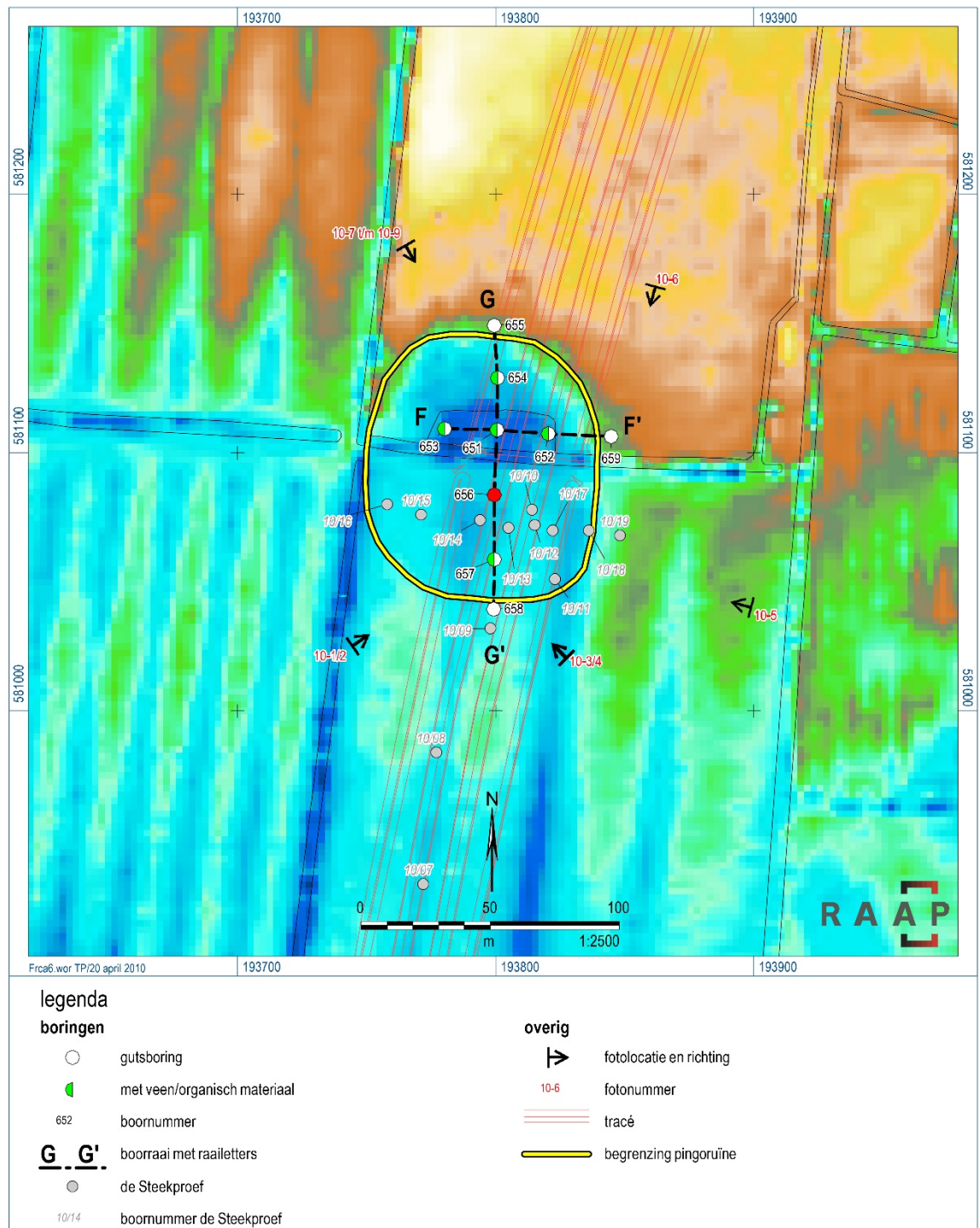
2. Onderzoeksgeschiedenis

Bemonstering

In het tracé van De Centrale As, dat zich bevindt in de gemeenten Dantumadeel en Tytsjerksteradiel, zijn ten oosten van Hurdegaryp tijdens verkennend booronderzoek in 2007 twee depressies aangetroffen op een onderlinge afstand van 600 meter. Aanvullend booronderzoek in 2009 en 2010 heeft uitgewezen dat het in beide gevallen een pingoruïne betreft. Het verkennend onderzoek toonde aan dat de noordelijk gelegen pingoruïne FRCP2-10 behoudenswaardig was. Dat betekent dat indien het onmogelijk zou zijn de locatie door planaanpassing te beschermen er onderzoek zou moeten worden uitgevoerd om de wetenschappelijke waarde vast te leggen (behoud *ex situ*). Aanpassing van het tracé bleek niet mogelijk en daarom is besloten om op deze locatie extra boringen te zetten op basis waarvan de vegetatiegeschiedenis inclusief de overgang van jagen-verzamelen naar vroege landbouw kan worden gereconstrueerd.

De pingoruïne is nagenoeg rond en heeft een diameter van c. 95 m en het diepste punt ligt op ca. 5,5 m beneden maaiveld (4,9 m –NAP). Hoewel resten van een ringwal zijn niet aangetroffen, geeft de opbouw van de sedimenten in de afzonderlijke boorkernen aan dat er daadwerkelijk sprake is van een pingoruïne en niet van een later ontstane depressie waarin veenvorming heeft plaatsgevonden (Verbers et al, 2018).

Het verkennend booronderzoek door de Steekproef in 2007 betrof dertien boringen, waarvan de meeste in een west-oostelijke richting. Vier boringen zijn buiten de begrenzing van de pingoruïne gezet, waarvan drie aan de zuidzijde. Het aanvullend booronderzoek door Aaldersberg (2010) betreft negen gutsboringen in twee raaien binnen de begrenzing van de pingoruïne: één in noord-zuid richting en één in oost-west richting (figuur 1). Het onderste sediment in de boorkernen bestaat uit zand dat in het centrale deel zwak ziltig is en naar de randen toe sterk zandig wordt met inclusies van grind.



Figuur 2. Hoogtekaart met daarbij aangegeven de locaties van boringen die gebruikt zijn voor waarderend onderzoek. De locatie van de boorkern voor het onderzoek waarover hier verslag wordt gedaan, is aangegeven met een stip (no. 656; naar Jans, 2015).

3. Materiaal en methode

Dateringsonderzoek

Uit boorkern 656 zijn op een diepte van 84 cm en 426 cm monsters genomen voor ¹⁴C-datering. Uit deze monsters zijn macroresten geïsoleerd van 1-jarige planten. De dateringen zijn uitgevoerd door het *Center for Isotope Research* (CIO) van de Rijksuniversiteit Groningen.

Palynologisch onderzoek en fysisch-chemisch onderzoek

Op basis van de uitkomsten van de ¹⁴C-dateringen (zie hieronder) is voor de eerste fase van het pollenonderzoek bemonsterd op een diepte van 120-200 cm. De verwachting is dat dit deel van de boorkern de overgang van jagen/verzamelen naar vroege landbouw vertegenwoordigt. Uit dit deel van de boring zijn 10 monsters genomen met een lengte van 1 cm (diameter 6 cm) met een interval van 10 cm. De lithologie van het bemonsterde deel van de boring is beschreven en de kleur is gebaseerd op de Mussell kleurkaart (tabel 1). De concentratie van de organische fractie is uitgevoerd door het *Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie* (Marseille, France). De monsters worden bewaard op het GIA.

Het pollenonderzoek is uitgevoerd door de pollenmonsters te analyseren in volgorde van diep tot minder diep. Omdat tijdens het pollenonderzoek bleek dat op een diepte van 150 cm de overgang naar het Neolithicum in beeld was gekomen, is besloten de resterende pollenmonsters niet uit te zoeken voor deze rapportage.

Voor het bepalen van de pollenconcentratie is een exotische marker (Wolfsklauw sporen; *Lycopodium*) toegevoegd volgens de procedure van Stockmarr (1972) en (Faegri and Iversen (1989)). De concentratie-waarden zijn in het pollendiagram gedeeld door 10.000.

Het pollenonderzoek is uitgevoerd op het GIA met een Zeiss Axioskop microscoop met een standaardvergroting van 10 x 40. Indien nodig is bij een grotere vergroting gedetermineerd. Het gemiddeld aantal pollen dat per monster geteld is, bedraagt 846 (min.: 332 op een diepte van 150 cm; max.: 1069 op een diepte van 200 cm). Voor controle op de determinaties is gebruik gemaakt van de vergelijkingscollectie van het GIA en de Northwest European Pollen Flora (Punt et al., 1976-2003).

In aanvulling op pollen is ook de aanwezigheid van houtskoolfragmenten gekwantificeerd. Daarbij zijn de houtskoolfragmenten in vier grootteklassen onderscheiden: (1) < 50 µm; (2) 50-100 µm; (3) 100-250 µm; (4); > 250 µm. De grootste fragmenten (> 250 µm) zijn gekwantificeerd met een stereomicroscoop en de kleinere fragmenten (< 250 µm) zijn gekwantificeerd met een doorvallend-licht microscoop.

Het pollendiagram is gemaakt met TILIA 1.7.16 software (Grimm, 2011). Water- en moerasplanten zijn buiten de pollensom gehouden. Pollen van wilde grassen (Poaceae) zijn wel in de pollensom opgenomen.

4. Resultaten en discussie

Chronologie en lithologie

De twee dateringen geven aan dat het sediment in pingoruïne FRCP2-10 zowel de laatste fase van het Pleistoceen vertegenwoordigd (in ieder geval vanaf de Allerød; Laat Glaciaal) als een groot deel van het Holoceen. Daarmee vertegenwoordigt het bemonsterde sediment een periode die zich uitstrekt vanaf het Laat Paleolithicum tot en met de late Middeleeuwen. Belangrijk is daarbij dat de volledige Middeleeuwen is vertegenwoordigd in een onverstoord sediment, een kwaliteit die niet vaak gewaarborgd is in pingoruïnen als gevolg van afgravingen en ploegen (figuur 3; tabel 2).

Het sediment van het bemonsterde deel van de pollenboring bestaat uit veen, waarvan de intensiteit varieert van zwart tot lichtbruin (tabel 3). Dit type sediment staat daarmee garant voor een goede conservering van het organisch materiaal inclusief het pollenarchief. De wetenschappelijke waarde van deze pingoruïne wordt daarmee als 'heel waardevol' ingeschaald.

Diepte (cm)	Geselecteerd materiaal	Beta	C ¹⁴ jr/BP	C ¹⁴ Cal. Yr. BC/AD	Geologische periode	Archeologische periode
84	Plantenmateriaal	399830	430±30	1430 – 1485 AD	Laat Subatlanticum	Laat Middeleeuwen
426	Plantenmateriaal	399759	11290±40	11265 – 11130 BC	Allerød	Laat Paleolithicum

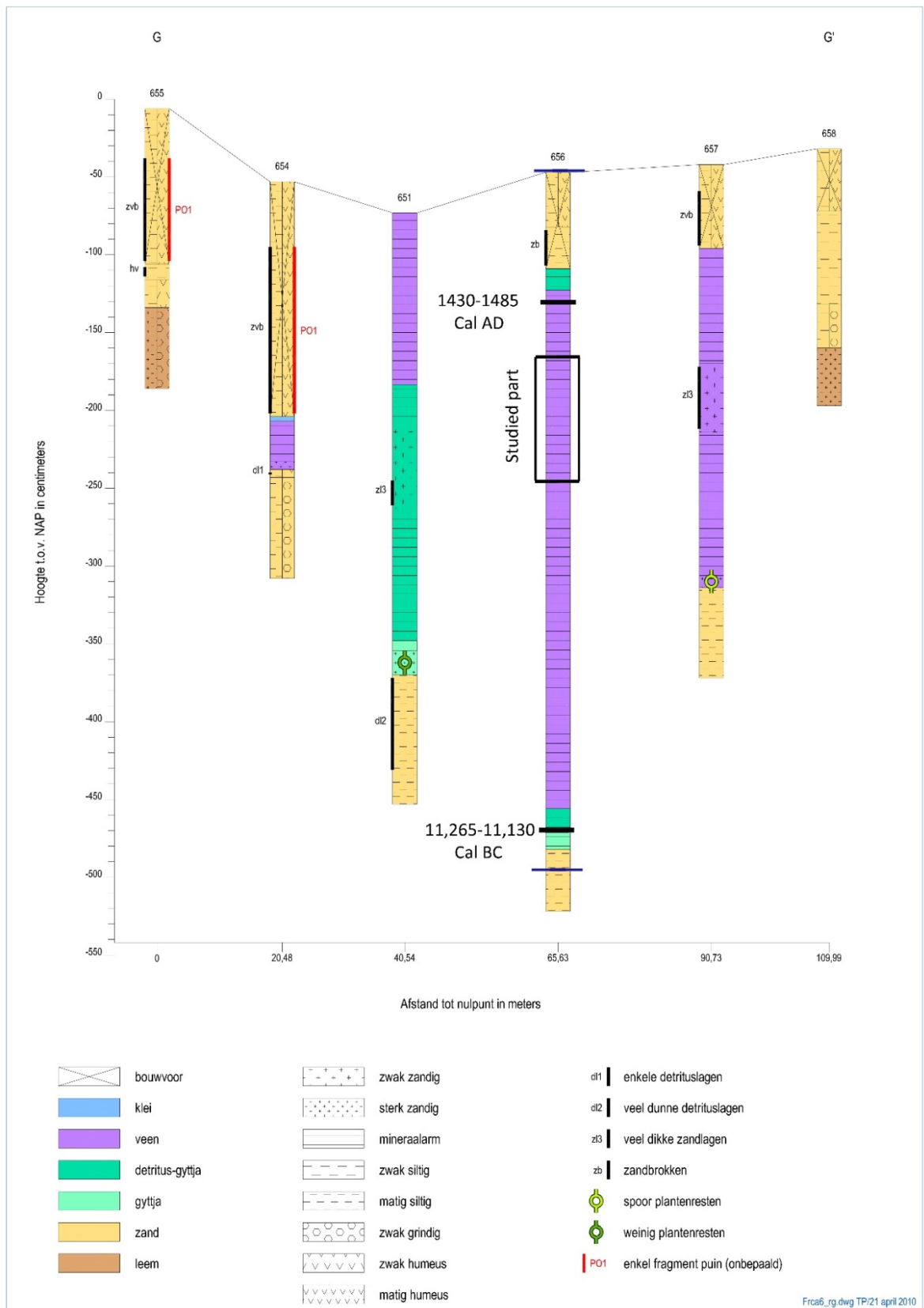
Tabel 2. De ¹⁴C-dateringen en de koppeling aan de geologische en archeologische periodisering.

Diepte (cm)	Beschrijving
150-161	Zwart veen
170-171	Lichtbruin veen
180-201	Donkerbruin veen

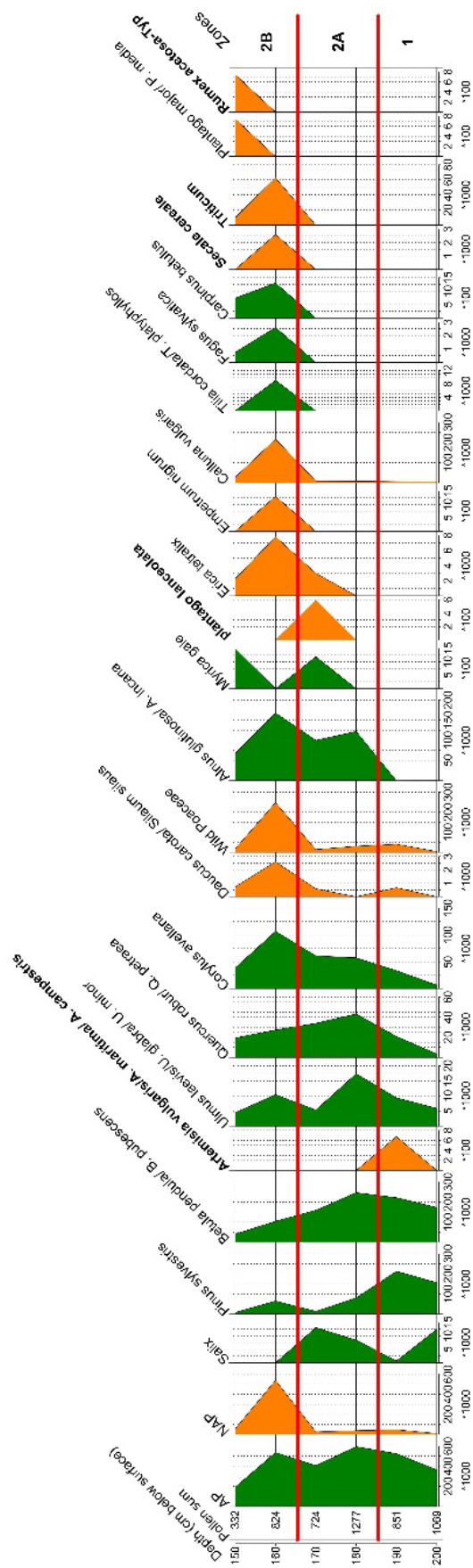
Tabel 3. Lithologie van het bemonsterde deel van de boring.

Pollenonderzoek

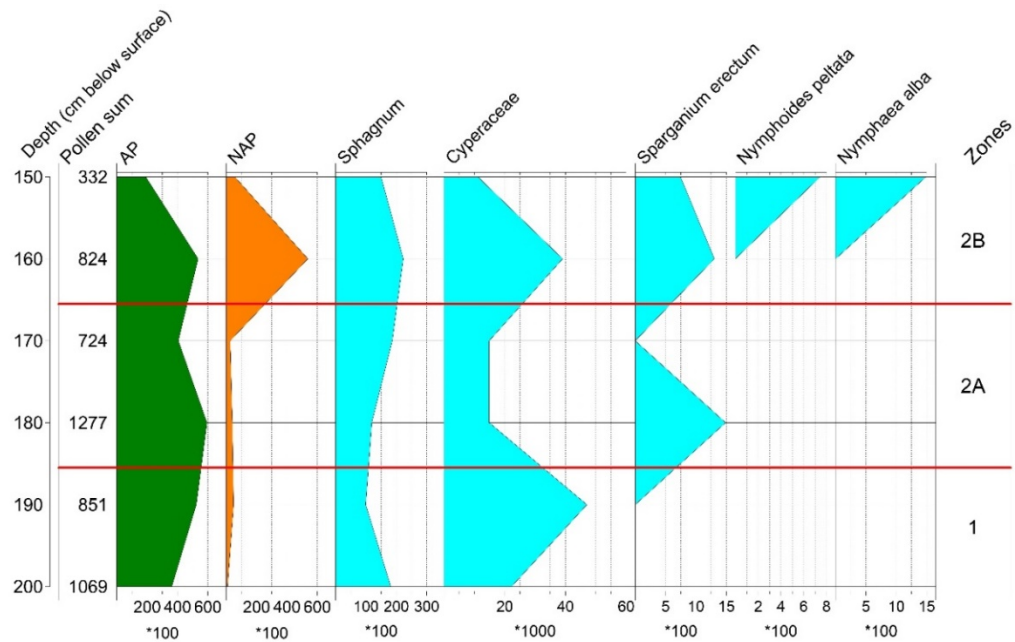
De concentratie en conservering van de pollen zijn goed, hetgeen te danken is aan het type sediment (veen) en de continu hoge grondwaterspiegel. Een vereenvoudigd pollendiagram is weergegeven in figuur 4, 5 en 6.



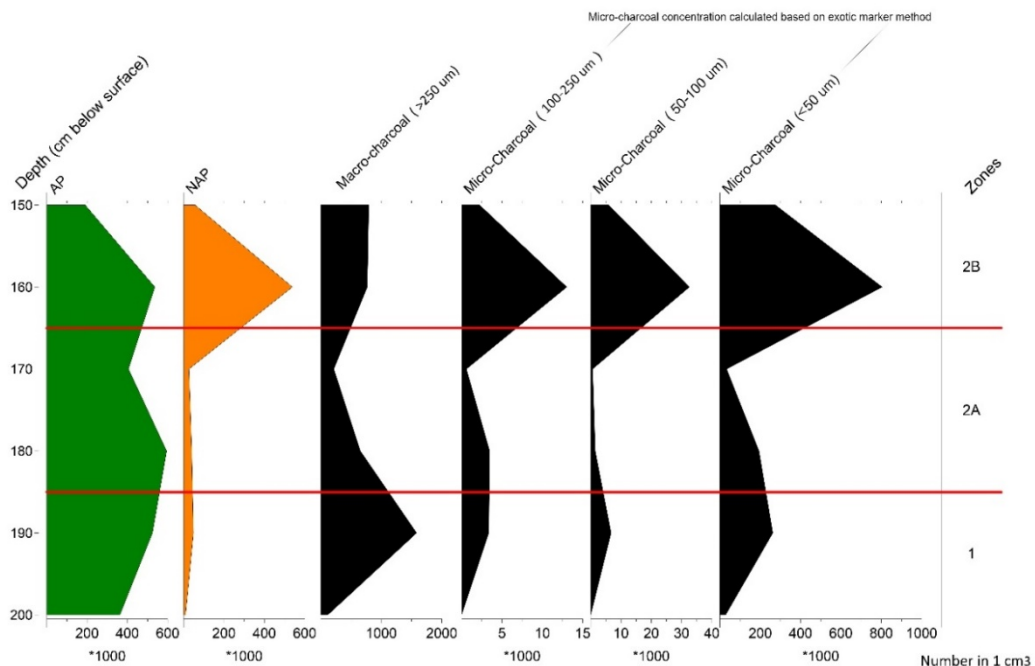
Figuur 3. De geologische opbouw van de boorkernen van de noord-zuid boorraai. Het onderzoek is verricht aan boring 656. Aangegeven zijn beide dateringen en het traject dat is bestudeerd (naar Aalbersberg 2010: fig. 14).



Figuur 4. De zonerings op basis van de regionaal aanwezige taxa, weergegeven in een vereenvoudigd pollendiagram voor een diepte van 200-150 cm. Ter ondersteuning van de zonerings is ook de curve voor de boompollen (AP) weergegeven en curven van kruiden die zowel regionaal als lokaal aanwezig kunnen zijn geweest (NAP). Alle concentratie-waarden zijn in het pollendiagram gedeeld door 100 of 1000 (voor elk taxon gespecificeerd op de X-as). (groen: bomen [arboreal pollen = AP]; oranje: kruiden [non-arboreal pollen = NAP]).



Figuur 5. De zonering op basis van de waterplanten en moerasplanten, weergegeven in een vereenvoudigd pollendiagram voor een diepte van 200-150 cm. Ter ondersteuning van de zonering is ook de curve voor de boompollen (AP) weergegeven en curven van kruiden die zowel regionaal als lokaal aanwezig kunnen zijn geweest (NAP). Alle concentratie-waarden zijn in het pollendiagram gedeeld door 100 of 100 (voor elk taxon gespecificeerd op de X-as). (groen: bomen [arboreal pollen = AP]; oranje: kruiden [non-arboreal pollen = NAP]).



Figuur 6. De zonering op basis van de aangetroffen houtskoolfragmenten, weergegeven in een vereenvoudigd pollendiagram voor een diepte van 200-150 cm. Ter ondersteuning van de zonering is ook de curve voor de boompollen (AP) weergegeven en curven van kruiden die zowel regionaal als lokaal aanwezig kunnen zijn geweest (NAP). Voor verbrande plantenfragmenten zijn vier grootteklassen onderscheiden en de aantallen zijn omgerekend naar een volume van 1 cm³. Bij een deel van de curven zijn de aantallen gedeeld door 100.

Op basis van de analyse zijn drie pollenzones onderscheiden: de laatste fase van het Laat Boreaal (zone 1), het Atlanticum (zone 2A) en de overgang Subboreaal (zone 2B).

Pollenzone 1 (200 en 190 cm)

De hoge pollenwaarden van Den (*Pinus*) en Berk (*Betula*) wijzen op de aanwezigheid van een gemengd dennen-berkenbos in de omgeving van de pingoruïne gedurende het Laat Boreaal. Een dergelijk gemengd bos kennen we ook van andere locaties uit deze periode (Van Zeist, 1955). Ook Iep (*Ulmus*), Eik (*Quercus*) en Hazelaar (*Corylus*) zijn in dit bos aanwezig. Het aandeel van pollen van de hazelaar is beperkt en dit wijst erop dat het bos vrij dicht moet zijn geweest. De bloei van de hazelaar wordt immers mogelijk gemaakt door een grote lichtintensiteit. Rekening houdend met het verschil in hoogte, dat op zo'n 30 meter kan bedragen (zie figuur 2), zullen deze bomen vooral ten noorden van de pingoruïne gegroeid hebben.



Figuur 7. Vegetatiereconstructie van het Laat-Boreaal

Ook van de Wilg (*Salix*) is pollen aangetroffen en we hebben hier te maken met hoog groeiende bomen die gebonden zijn aan een hoge waterstand (Schaminee et al, 2010). De Wilg zal dan ook in de nabijheid van de pingoruïne gegroeid hebben.

Pollen van enkele kruidachtige, waaronder Bijvoet (*Artemisia*), een pollentype dat afkomstig is van Wilde peen/Weidekervel (*Daucus carota/Silaum silaus*) en pollen van wilde grassen (*Poaceae*) wijzen op de aanwezigheid van open plekken in de vegetatie. Bijvoet is een plant die karakteristiek is voor een ruigtevegetatie. Het pollentype van de schermbloemige (*Daucus carota/Silaum silaus*) wijst op de aanwezigheid van grasland op een mineraalrijke bodem.

De lokale waterplanten worden in deze pollenzone gedomineerd door Veenmos (*Sphagnum*), dat aan het wateroppervlak groeit, en Cypergrassen (*Cyperaceae*), die voor ons klimaat kenmerkend zijn voor vegetaties die gebonden zijn aan hoge waterstanden.

De aanwezigheid van verbrande plantenresten geeft aan dat er waarschijnlijk gedurende deze periode regelmatig branden waren. Opvallend is de grote concentratie van verbrande plantenresten op een diepte van 190 cm. Analyse van deze resten onder de stereomicroscop laten zien dat deze verbrande resten vooral afkomstig zijn van bomen.

Pollenzone 2a (180 en 170 cm)

De overgang naar het Atlanticum is gekarakteriseerd door een verandering in de bomensamenstelling en kruidenvegetatie. Op een diepte van 180 cm zijn bomen nog goed vertegenwoordigd, maar daarna is er sprake van een afname, waarbij vooral de afname van de Den opvalt. Ook het aandeel van Berk, Iep en Eik neemt enigszins af. De Hazelaar blijft daarentegen geleidelijk toenemen. Kenmerkend voor het Atlanticum is ook de sterke toename van de Els (*Alnus*), die zich vooral zal uitbreiden in delen van het landschap waar de grondwaterstand hoog is. Ook Gagel (*Myrica gale*) gaat deel uitmaken van de vegetatie. Ook deze struikachtige plant is typisch voor vochtige bodems.



Figuur 8. Vegetatiereconstructie van het Atlanticum.

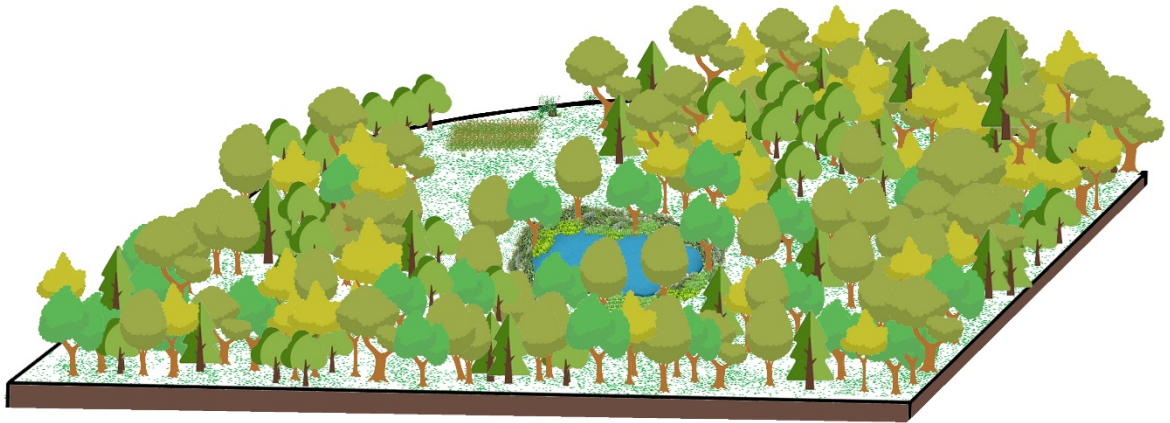
Het aandeel van het pollen van de kruiden blijft laag. Opvallend is het vrijwel verdwijnen van Bijvoet terwijl Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*) en Dopheide (*Erica tetralix*) voor het eerst duidelijk in de vegetatie vertegenwoordigd zijn. Smalle weegbree kan goed tegen betreding en kan duiden op lokale activiteit van de mens en toename van begrazingsdruk, wellicht in de nabijheid van de pingoruïne.

Van de lokale water- en moerasvegetatie zijn sporen van Veenmos en pollen van Cypergrassen en Egelskop (*Sparganium*) aangetroffen.

Ook in deze periode getuigen de verbrande plantenresten van regelmatige branden, maar de concentraties zijn lager dan in de voorgaande en volgende periode. Dit zou zowel verklaard kunnen worden door een grotere afstand tussen brandhaard en de pingoruïne, als door een lagere frequentie van de branden. Een lagere frequentie zou verklaard kunnen worden door een stijging van de grondwaterspiegel.

Pollenzone 2b (160 en 150 cm)

De overgang naar het Subboreaale wordt gekenmerkt door het meer open worden van de vegetatie: het aandeel van de boompollen neemt af en dat van de kruiden neemt toe. Deze afname is te zien bij bomen die te koppelen zijn aan een hoge waterstand (Wilg en Berk) en bij de Eik, die aan droge grond gebonden is. Van zowel de lichtminnende Hazelaar als de aan vochtminnende Els nemen de pollenwaarden aanvankelijk wel toe. Nieuwe bomen die kenmerkend zijn voor het Subboreaale, zijn de Winter-/Zomerlinde (*Tilia cordata/platyphyllos*), de Haagbeuk (*Carpinus betulus*) en de Beuk (*Fagus sylvaticus*).



Figuur 9. Vegetatiereconstructie van het Subboreaale.

Dat het bos meer open wordt, wordt duidelijk door zowel de uitbreiding van de Hazelaar, als van de diverse kruiden, waaronder vertegenwoordigers van de Heidefamilie (Dopheide [*Erica tetralix*]; Struikheide [*Calluna vulgaris*]; Kraaiheide [*Empetrum nigrum*]) en wilde grassen

Pollen van Rogge (*Secale cereale*) en Tarwe (*Triticum*) geven aan dat in de omgeving akkers aanwezig waren. De aanwezigheid van boeren wordt ondersteund door de aanwezigheid van enkele secundaire antropogene pollenindicatoren: Zuring (*Rumex acetosa*-type) en Grote/Ruige weegbree (*Plantago major/media*) (Behre, 1986). De daling van de curve van Smalle weegbree moet met de nodige reserve worden beoordeeld. Het aantal spectra is te beperkt om vast te stellen dat deze soort uit de regionale vegetatie verdwijnt. Veeleer hebben we hier te maken met spatiale distributie en daaraan gekoppelde fluctuaties in de pollendepositie in de pingoruïne.

De aanwezigheid van oppervlaktewater in de pingoruïne wordt geïndiceerd door sporen van Veenmos en pollen van Watergentiaan (*Nymphoides peltata*) en Waterlelie (*Nymphaea alba*). De witbloeiende Waterlelie groeit in vrij diep water en de geelbloeiende Watergentiaan groeit in zowel diep als ondiep water terwijl Veenmos groene pakketten aan het wateroppervlak vormt.

Tijdens deze periode is er weer een toename van het aantal verbrande plantenresten. Het is in dit stadium van onderzoek nog niet duidelijk of deze plantenresten vooral afkomstig zijn van bomen of van houtachtige kruiden, zoals heideachtigen.

5. Conclusies

Het onderzoek maakt duidelijk dat het onderzochte deel de overgang van laat Mesolithicum naar Neolithicum vertegenwoordigt. De ^{14}C -datering op een diepte van 84 cm geeft aan dat het onverstoorde sediment de vegetatiegeschiedenis tot en met de Middeleeuwen vertegenwoordigt. Daarmee is deze pingoruïne bijzonder omdat verstoringen door afgraven en ploegen ertoe hebben geleid dat sedimenten die de Middeleeuwen vertegenwoordigen in veel pingoruïnes verstoord of afwezig zijn.

De lokale water- en moerasplanten geven aan dat gedurende de gehele onderzochte periode oppervlaktewater aanwezig is in de pingoruïne. Omdat het water niet stroomt, kan veenmos aan de oppervlakte groeien. Pollen van de Waterlelie, aangetroffen in de subzone 2b (Subborea) geeft aan dat de pingoruïne zeker in het midden nog behoorlijk diep is geweest.

Aanwijzingen voor akkerbouw zijn aanwezig in het Subborea, dat relatief laat is (Bronstijd). Het gaat daarbij om pollen van granen (Rogge en Tarwe) en pollen van enkele wilde planten die aangepast zijn aan de bodemverstoring die met akkerbouw gepaard gaat. De aanwezigheid van akkerbouw wordt ook ondersteund door het open worden van de vegetatie: het aandeel van de boompollen neemt duidelijk af ten gunste van dat van de kruidachtige planten. Ook een lichtminnende boomsoort zoals de Hazelaar breidt zich uit in het landschap.

De analyse van verbrande plantenresten laat zien dat gedurende de gehele onderzochte periode sprake is van branden. Het gaat daarbij zowel om bosbranden als het afbranden van grasland, en met name heidevegetatie. Beide typen branden komen voor in het Laat Borea en Atlanticum. Branden nemen toe in de fase waarin akkerbouw aantoonbaar wordt op basis van pollen. Het ligt voor de hand om aan te nemen dat branden door de mens zijn veroorzaakt om zowel meer grasland te creëren dan wel om bestaand grasland te verjongen zodat planten met een hogere voedingswaarde en betere vertering beschikbaar komen. Dergelijk grasland kan zowel bedoeld zijn voor gedomesticeerde dieren als voor wilde dieren waarop gejaagd wordt. Het is ook mogelijk dat branden zijn toegepast om successie van grasland naar gesloten bos te stoppen. Dit zou een mix moeten opleveren van verbrande plantenresten van grasland en bomen. Ook kunnen bospercelen afgebrand zijn om meer akkerland beschikbaar te krijgen. Onderzoek naar de identificatie van de verbrande plantenresten uit het Subborea is nog niet afgerond.

6. Literatuur

- Aaldersberg, G. 2010.** Plangebied De Centrale As; gemeenten Dantumadeel en Tytsjerksteradiel: Archeologisch vooronderzoek in de deelgebieden 217 en 218 alsmede 9 potentiële pingoruïnes. *RAAP-rapport 2093*. RAAP Archeologisch Adviesbureau, Weesp.
- Behre, K.E., 1981.** The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et spores* 23: 225-245.
- Faegri K., Iversen J., 1989.** Textbook of pollen analysis, 4th edition (by Faegri K, Kaland P.E, Krzwinski K), John Wiley and Sons. Chichester. 328.
- Grimm, E.C., 2011.** Tilia ver. 1.7.16. Illinois State Museum.
- Jans, J.E.A. 2015.** Twee pingoruïnes nabij Hurdegaryp (deelgebieden 9 en 10) in plangebied De Centrale As Gemeente Tytsjerksteradiel Archeologisch vooronderzoek: bemonstering en datering. *RAAP-notitie 4945*.
- Punt, W., et al., 1976-1988.** *The Northwest European Pollen Flora I-VIII*. Elsevier, Amsterdam vol. 1 (1976); vol. 2(1980); vol. 3 (1981); vol. 4 (1984); vol. 5 (1988).
- Schaminee, J., sykora, K., smits, N., Horsthuis, M., 2010.** Plantengemeenschappen van Nederland. Veldgids 25. KNNV Uitgeverij: Zeist.
- Stockmarr, J., 1972.** Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen spores* 13: 615-621
- Verbers, A., B. Dijkstra & U. Vegter 2018.** Pingoruïnes. Bijzondere landschapselementen vragen om bijzondere aandacht. *Het Nederlands Landschap. Tijdschrift voor landschapsgeschiedenis* 36: 58-63.
- Zeist, W. van 1995.** Pollen analytical investigations in the northern Netherlands with special reference to archaeology. *Acta botanica Neerlandica* 4(1): 81. 1-81.